

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012117032/28, 26.04.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.04.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.04.2012

(45) Опубликовано: 10.11.2013 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Филиппов С.И. и др. Физико-химические
методы исследования металлургических
процессов. - М.: Металлургия, 1968, с.280. RU
2349898 C1, 20.03.2009. RU 2366925 C1,
10.09.2009. DK 681176 T3, 25.08.2003.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности, Т.В.
Маркс

(72) Автор(ы):

Цепелев Владимир Степанович (RU),
Конашков Виктор Васильевич (RU),
Вьюхин Владимир Викторович (RU),
Тягунов Геннадий Васильевич (RU),
Поводатор Аркадий Моисеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

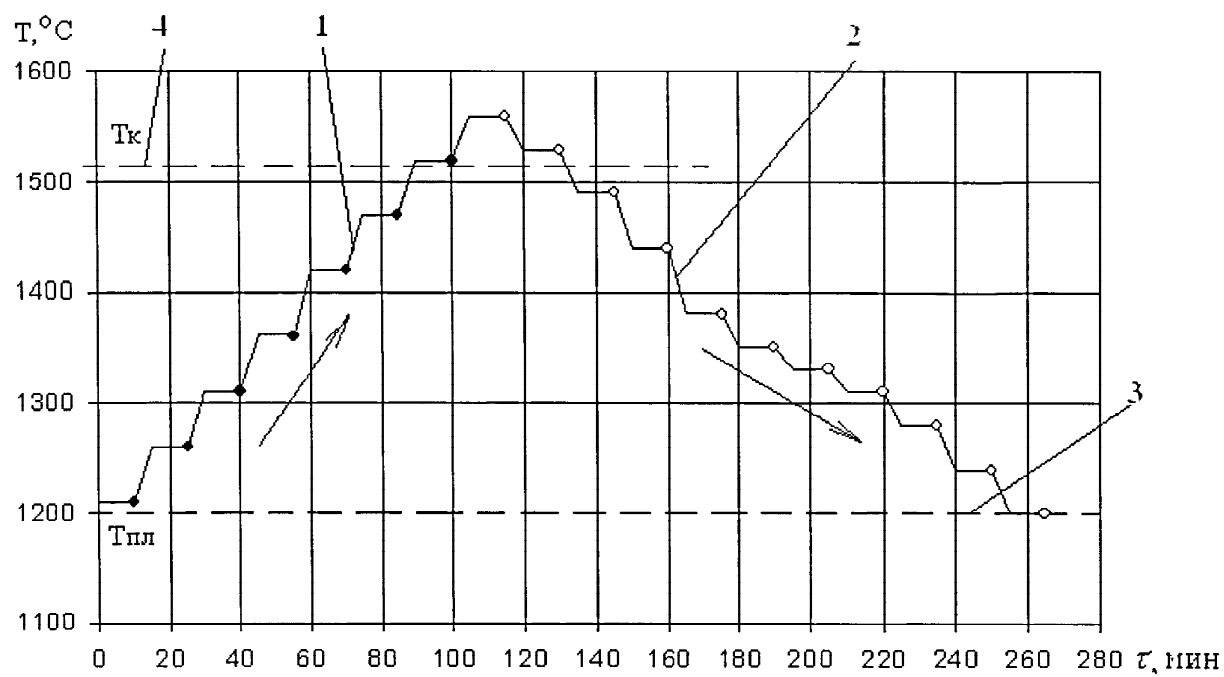
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина"
(RU)(54) СПОСОБ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ОДНОРОДНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технической физике, а именно к способам контроля и измерения физических параметров веществ, и предназначено для экспресс-диагностики однородности высокотемпературных металлических расплавов на основе Fe, Co, Ni в условиях цеха, путем бесконтактного определения вязкости этих расплавов посредством измерения параметров затухания крутильных колебаний тигля с образцом сплава в измерительной установке. Кроме того, сферой применения является металлургическое производство, в частности коррекция технологических схем, например, для производства магнитопроводов, путем оптимизации особенностей строения расплава. Способ экспресс-диагностики однородности расплавов путем определения вязкости образца сплава с известными максимальной вязкостью и температурой плавления, отобранного из плавильного агрегата и помещенного в

вискозиметрическую установку. При этом в качестве заданной температуры используют величину температуры, превышающей температуру плавления образца сплава на $n^{\circ}\text{C}$, сравнивают значение вязкости образца с максимальным значением вязкости данного сплава при температуре плавления образца. Причем при совпадении этих значений делают вывод о наличии однородного состояния расплава, а если значение ν для температуры, превышающей температуру плавления образца на $n^{\circ}\text{C}$, меньше, чем максимальное значение вязкости данного сплава при температуре плавления образца, делают вывод об отсутствии однородного состояния расплава. Техническим результатом является упрощение и кратное ускорение экспериментов по определению однородности расплавов с возможностью осуществления корректировки режимов плавки в цеховых условиях производства, при этом осуществляют контроль качества выплавки данного расплава

по ходу плавки. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2012117032/28, 26.04.2012**(24) Effective date for property rights:
26.04.2012

Priority:

(22) Date of filing: **26.04.2012**(45) Date of publication: **10.11.2013 Bull. 31**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU,
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Tsepelev Vladimir Stepanovich (RU),
Konashkov Viktor Vasil'evich (RU),
V'jukhin Vladimir Viktorovich (RU),
Tjagunov Gennadij Vasil'evich (RU),
Povodator Arkadij Moiseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)****(54) RAPID DIAGNOSTICS METHOD OF HOMOGENEITY OF HIGH-TEMPERATURE MOLTEN METALS**

(57) Abstract:

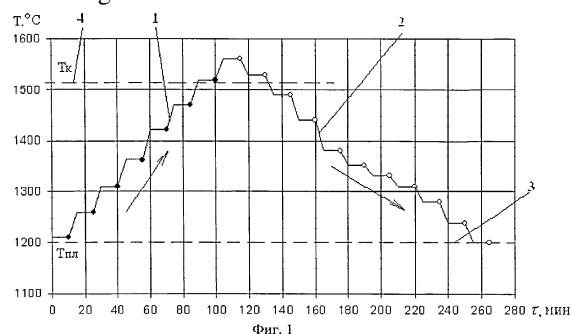
FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: rapid diagnostics method of homogeneity of molten metal by determining viscosity of an alloy specimen with known maximum viscosity and fusion point, which is taken from a melting unit and placed into a viscosimetric plant. With that, as the specified temperature, value of temperature is used, which exceeds fusion point of the alloy specimen by $n^{\circ}\text{C}$, specimen viscosity value is compared to maximum value of viscosity of this alloy at the specimen fusion point. With that, when those values coincide, a conclusion is made on availability of homogeneous state of molten metal, and if value v for the temperature exceeding the specimen fusion point by $n^{\circ}\text{C}$ is less than maximum viscosity value of that alloy at the specimen fusion point, a conclusion is made on absence of

homogeneous state of molten metal.

EFFECT: simpler and multiple acceleration of experiments for determination of homogeneity of molten metals with possibility of implementing correction of melting modes under shop production conditions; with that, quality control of melting of this molten metal is performed during melting process.

2 dwg



Предлагаемое изобретение относится к технической физике, а именно к способам контроля и измерения физических параметров веществ, и предназначено для экспресс-диагностики однородности высокотемпературных металлических расплавов на основе Fe, Co, Ni в условиях цеха путем бесконтактного определения вязкости этих расплавов посредством измерения параметров затухания крутильных колебаний тигля с образцом сплава в измерительной установке. Кроме того, сферой применения является металлургическое производство, в частности коррекция технологических схем формирования заданных параметров расплава, например, для использования в магнитопроводах, путем оптимизации особенностей строения расплава.

Измерение физико-химических параметров металлических жидкостей, расплавов и шлаков, в частности вискозиметрия - определение вязкости ν высокотемпературных расплавов в объеме нескольких см³, позволяет проводить прогностический анализ материалов и давать на предприятиях корректирующие рекомендации для получения сплавов с заданными однородными или равновесными характеристиками.

Исследования свойств и строения многокомпонентных металлических расплавов ведут в прикладном направлении в виде разработки рекомендаций по приведению этих расплавов в состояние равновесия с целью повышения и стабилизации качества металлопродукции. При этом у подготовленного расплава должны отсутствовать следы предыстории, он должен быть равновесным, т.е. в данных условиях максимально однородным - см. Б.А.Баум и др. «Равновесные и неравновесные состояния металлических расплавов» - В кн. «Фундаментальные исследования физикохимии металлических расплавов». М.: ИЦК «Академкнига», 2002, с.214-216. Отсюда следует необходимость получения однородности расплава в плавильном агрегате. Необходимо отметить, что вязкость ν металлических расплавов является структурночувствительным свойством, с помощью которого можно обнаружить изменения структуры в виде гистерезиса или аномальных перегибов температурных зависимостей - политерм вязкости $\nu=F(T^\circ)$. Поэтому вискозиметрия - исследование вязкости ν в зависимости от температуры T° и времени t - позволяет судить об однородности многокомпонентных расплавов на основе Fe, Co, Ni.

Политермы (термозависимости) вязкости $\nu=F(T^\circ)$ содержат характерные критические температурные точки и гистерезисные характеристики цикла нагрева - охлаждения. Однако для высокотемпературных - +1200°C и более, расплавов немногие способы вискозиметрии могут быть использованы на практике. Один из них - фотометрический способ на основе измерения при нагреве и охлаждении расплава амплитуд затухающих колебаний A_i , декремента затухания $\delta=\ln(A_i/A_{i+1})$, временных значений t_i , числа n_i крутильных колебаний тигля с расплавом. Многократно повторенная (десятки раз за один эксперимент) процедура - закручивание тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити и измерение отклонений отраженного светового луча, т.е. амплитуд затухающих крутильных колебаний - является типовым способом измерений вязкости ν расплавов. При этом используют произвольное, пригодное для конкретной установки число n амплитуд A_i затухающих колебаний для определения декремента затухания δ_i в точках T_i температурного диапазона от нескольких сот градусов С до температур, превышающих критические T_K . Характерными точками T_i являются температуры плавления $T_{пл}$, гистерезиса T_H и критическая T_K . Значение величины декремента затухания δ_i и вязкости ν , прежде всего в этих точках, определенное из политерм, обеспечивает необходимые сведения о расплаве. Если известно поведение политерм вязкости $\nu=F(T^\circ)$ для конкретного сплава, например, ранее изученного в лаборатории,

обнаружен гистерезис и его температура T_g , температуры аномалий, если они имеются, то возможно контролировать - произошел или нет переход расплава в новое более однородное состояние.

Известен фотометрический способ определения вязкости ν путем регистрации амплитудно-временных параметров траектории светового луча, отраженного от зеркала, закрепленного на закручиваемой упругой нити, на которой также подвешен тигель с расплавом, а в конечном итоге - измерения параметров затухания крутильных колебаний (и вычисления на их основе δ) тигля с расплавом, происходящего после выключения процесса принудительного закручивания упругой нити на определенный угол. При этом используют вычисленное значение декремента затухания δ , для чего измеряют амплитуды затухающих колебаний A_n и число колебаний n между ними (см. С.И.Филиппов и др. «Физико-химические методы исследования металлургических процессов», М.: Металлургия, 1968, с.242, 243, 246 - 251 - аналог). Основой вычисления вязкости ν является ее связь с декрементом затухания δ : $\nu \sim \delta^2$ (см. формулу XVI-37, вышеуказанное С.И.Филиппов..., с.248).

Недостатками вышеуказанного способа являются продолжительность эксперимента - до 10 часов, его сложность, произвольность и субъективность выбора количества колебаний n между измеряемыми амплитудами A_0 и A_n - например, 8...11 колебаний (см. вышеуказанное С.И.Филиппов..., с.249), а также измерение параметров в максимальном количестве температурных точек T_i для построения точной политермы. Это затрудняет осуществление экспресс-диагностики однородности высокотемпературного расплава непосредственно в условиях цеха вблизи от плавильного агрегата.

Прототипом предлагаемого изобретения является способ определения декремента затухания δ при бесконтактном измерении вязкости ν высокотемпературных металлических расплавов - пат. РФ №2386948, который реализуют путем определения вязкости ν расплава при его нагреве и охлаждении, основанном на освещении световым лучом от источника света зеркала, расположенного на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с расплавом, регистрации амплитудно-временных параметров траектории светового луча, отраженного от этого зеркала, и последующем измерении полученного сигнала, отражающего параметры затухания крутильных колебаний тигля с расплавом, определении логарифмического декремента затухания δ крутильных колебаний тигля с расплавом для последующего определения кинематической вязкости ν . Прототип позволяет сократить время эксперимента и упростить его за счет оптимального выбора стартовой амплитуды A_0 , с которой начинают измерение, и амплитуды A_n , которая в e раз меньше стартовой, в которой заканчивают измерение, а также подсчета числа колебаний n между ними. Однако недостатками этого способа являются продолжительность эксперимента на протяжении нескольких часов, измерение амплитудно-временных параметров траектории светового луча во всем температурном диапазоне, т.е. при множестве температурных точек T_i как при нагреве, так и при охлаждении расплава для подробного построения политерм $\nu=F(T^\circ)$, т.е. проводят полный эксперимент. Это не обеспечивает осуществление экспресс-диагностики однородности расплава непосредственно в условиях цеха вблизи от плавильного агрегата.

Задачей предлагаемого изобретения является упрощение и ускорение процедуры определения однородности высокотемпературных металлических расплавов при осуществлении этой процедуры непосредственно в цеховых условиях производства.

Для решения поставленной задачи предлагается способ экспресс-диагностики

однородности высокотемпературных металлических расплавов

Способ экспресс-диагностики однородности высокотемпературных металлических расплавов путем определения вязкости ν образца сплава с известными максимальной вязкостью ν и температурой плавления $T_{пл}$, отобранного из плавильного агрегата и помещенного в вискозиметрическую установку, основанный на освещении световым лучом от источника света зеркала, расположенного на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с образцом сплава, регистрации амплитудно-временных параметров траектории светового луча, отраженного от этого зеркала, последующем измерении полученного сигнала, отражающего параметры затухания крутильных колебаний тигля с вышеуказанным образцом, вычислении термозависимостей логарифмического декремента затухания δ крутильных колебаний тигля и последующего вычисления вязкости ν , отличающийся тем, что в качестве заданной температуры используют величину температуры, превышающую температуру плавления $T_{пл}$ образца сплава на $n^{\circ}\text{C}$, сравнивают значение вязкости ν образца расплава с максимальным значением вязкости ν данного сплава при температуре плавления образца $T_{пл}$, при совпадении этих значений делают вывод о наличии однородного состояния расплава, а если значение вязкости ν для температуры, превышающей температуру плавления образца $T_{пл}$ на $n^{\circ}\text{C}$, меньше, чем максимальное значение вязкости ν данного сплава при температуре плавления образца $T_{пл}$, делают вывод об отсутствии однородного состояния расплава.

Кроме того, способ по п.1, отличающийся тем, что значения n выбирают в пределах $+10^{\circ}\text{C} - +40^{\circ}\text{C}$.

Отличительные признаки предложенного технического решения обеспечивают упрощение и кратное ускорение процедуры определения однородности расплавов с осуществлением этой процедуры непосредственно в цеховых условиях производства, при этом осуществляют контроль качества выплавки данного расплава по ходу плавки.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами:

Фиг.1. Термовременные соотношения при полном варианте определения вязкости ν расплава (\bullet - нагрев, \circ - охлаждение);

Фиг.2. Термовременные соотношения при ускоренном варианте определения вязкости ν расплава.

Предлагаемое изобретение используют следующим образом. Вискозиметрическая установка (на схеме не показана) для измерения декремента затухания δ и соответствующей вязкости ν изучаемого сплава выполнена в виде устройства для фотометрического способа определения кинематической вязкости ν путем измерения параметров экспоненциального затухания - декремента δ крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити внутри вакуумной электропечи - см. пат. РФ №2386948. Эту установку располагают, например, в заводской лаборатории при сталеплавильном цехе. В случае выпуска конкретного сплава на протяжении длительных сроков, например, постоянно или на протяжении нескольких месяцев подряд, сначала определяют полные подробные термозависимости - политермы данного высокотемпературного расплава от $T_{пл}$ вплоть до T_k или выше на несколько десятков градусов $^{\circ}\text{C}$ при нагреве и охлаждении по всей температурной шкале. При наличии гистерезиса на политерме при охлаждении происходит увеличение значений вязкости ν по отношению к политерме нагрева - см. Еланский Г.Н., Еланский Д.Г. «Строение и свойства металлических расплавов», М.: МГВМИ, с.180-181. Такие зависимости служат в дальнейшем стандартом для данного расплава.

По ходу проведения плавки в плавильном агрегате отбирают пробу высокотемпературного сплава для проверки химического состава в заводской лаборатории. Из этой же пробы готовят образец массой несколько десятков граммов для измерения вязкости η , образец помещают в керамический тигель, который
 5 подвешивают затем в вышеуказанной вискозиметрической измерительной установке. Ускоренный эксперимент по определению вязкости η осуществляют максимально быстро, для чего количество температурных точек ограничивают одним замером. Этот замер производят после расплавления образца вблизи температуры плавления
 10 $T_{пл}$ с превышением на $n^{\circ}C$, например на $+10-40^{\circ}C$, для увеличения достоверности достижения полного расплавления образца. Затем анализируют рассчитанную величину вязкости η для ускоренного опыта, сравнивают ее с данными полной термозависимости вязкости η по абсолютной величине. Этот анализ показывает, что
 15 положение точки замера совпадает с положением ветви нагрева или охлаждения подробной термозависимости.

Полную термовременную зависимость 1, 2 (см. фиг.1.), измеренную на протяжении нескольких часов для вязкости η , получают заранее из образцов этой же марки сплава, выплавленного на этом же плавильном агрегате в предыдущих плавках, при этом на
 20 каждом замере производят $i=10-15$ измерений (полное время замера 10-15 минут) при каждой температуре со стандартной точностью $\pm 5^{\circ}C$. Эту зависимость получают посредством определения вязкости η с температурным шагом - «ступенью» величиной $+20-50^{\circ}C$, начиная с $T_{пл}$ 3 от начала процедуры нагрева 1 до максимальной температуры T_i , превышающей величину T_k 4 на $+20-50^{\circ}C$. Охлаждение 2 продолжают
 25 до температуры $T_{пл}$ 3. При ускоренном эксперименте производят один замер 5 (см. фиг.2.), при этом нагрев превышает $T_{пл}$ 3 на $n^{\circ}C$ для увеличения достоверности достижения полного расплавления образца.

Сокращение времени ускоренного эксперимента кратное и при сопоставимой
 30 точности составляет примерно 4 раза.

Кроме того, анализ параметров полной термозависимости демонстрирует, что ветви нагрева и охлаждения термозависимости совпадают, если максимальный нагрев в опыте не превысил критическую температуру T_k 4. Если максимальный нагрев превысил критическую температуру T_k , то в расплаве произойдет перестройка
 35 структуры, изменение свойств расплава приведет к ветвлению термозависимости, т.е. к гистерезису вязкости η и повышению значений вязкости η при охлаждении по сравнению с ветвью первоначального нагрева. При этом полученные повышенные значения вязкости η сохраняются для данного сплава. После кристаллизации и нового
 40 расплавления сплава значения его вязкости η останутся на повышенном уровне, соответствующем значениям ветви охлаждения гистерезиса на политерме.

Таким образом, если результат ускоренного опыта показал значения вязкости η сплава, соответствующие значениям ветви охлаждения политермы (с повышенными значениями вязкости), то расплав в плавильном агрегате в момент отбора пробы
 45 перешел в новое равновесное однородное состояние. Если в ускоренном опыте значения замера остались на уровне значений ветви нагрева полного подробного опыта вблизи температуры плавления $T_{пл}$, то во время выплавки в плавильном агрегате расплав не приведен в состояние однородности, т.е. не была достигнута
 50 критическая температура T_k . На основе такого результата можно осуществить корректировку плавки посредством нагрева расплава до температуры T_k и привести обследуемый расплав в однородное состояние непосредственно в плавильном агрегате по ходу плавки, т.е. не кристаллизуя сплав и не проводя повторное плавление

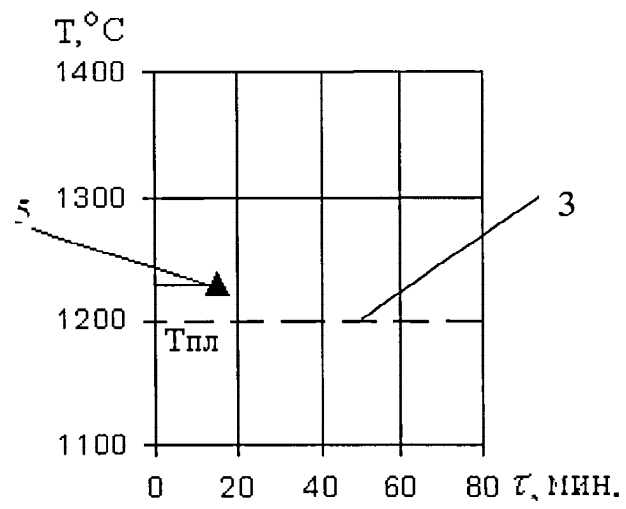
с нагревом до выбранной критической температуры. Результаты ускоренного опыта можно транслировать по каналу связи, например по телефонной линии, от вискозиметрической установки к системе непосредственного управления плавильным агрегатом, с одновременным использованием устройства акустической и оптической сигнализации как на пульте управления, так и в непосредственной близости от него.

Предлагаемый способ обеспечивает упрощение и кратное ускорение экспериментов по определению однородности расплавов с возможностью осуществления корректировки режимов плавки высокотемпературных металлических расплавов непосредственно в цеховых условиях производства, при этом осуществляют контроль качества выплавки данного расплава по ходу плавки.

Формула изобретения

1. Способ экспресс-диагностики однородности высокотемпературных металлических расплавов путем определения вязкости ν образца сплава с известными максимальной вязкостью ν и температурой плавления $T_{пл}$, отобранного из плавильного агрегата и помещенного в вискозиметрическую установку, основанный на освещении световым лучом от источника света зеркала, расположенного на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с образцом сплава, регистрации амплитудно-временных параметров траектории светового луча, отраженного от этого зеркала, последующего измерения полученного сигнала, отражающего параметры затухания крутильных колебаний тигля с вышеуказанным образцом, вычисления термозависимостей логарифмического декремента затухания δ крутильных колебаний тигля и последующего вычисления вязкости ν , отличающийся тем, что в качестве заданной температуры используют величину температуры, превышающую температуру плавления $T_{пл}$ образца сплава на $n^{\circ}\text{C}$, сравнивают значение вязкости ν образца расплава с максимальным значением вязкости ν данного сплава при температуре плавления образца $T_{пл}$, при совпадении этих значений делают вывод о наличии однородного состояния расплава, а если значение вязкости ν для температуры, превышающей температуру плавления образца $T_{пл}$ на $n^{\circ}\text{C}$, меньше, чем максимальное значение вязкости ν данного сплава при температуре плавления образца $T_{пл}$, делают вывод об отсутствии однородного состояния расплава.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что значения n выбирают в пределах $+10^{\circ}\text{C} - +40^{\circ}\text{C}$.



Фиг. 2